



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

ZAŘÍZENÍ PRO PŘEDEPNUTÍ PRUŽINY ZÁMKU

PRE-TENSIONING DEVICE FOR THE SPRING OF THE LOCK

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Tomáš Majer

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Tomáš Majer**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Zařízení pro předepnutí pružiny zámku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navržení zařízení pro předepnutí pružiny zámku automobilu pro zautomatizování výroby. Zařízení bude víceúčelové z důvodu uplatnění na více typů pružin zámků.
Rozměrový parametr pozice montážního pracoviště – šířka pracoviště 820 mm.

Cíle bakalářské práce:

Provedení rešeršního rozboru konstrukce zámku automobilu.
Zjištění předepínacích sil nebo momentů v pružinách různých typů zámků.
Konstrukční návrh zařízení.
Návrhové a funkční výpočty zařízení.
Pevnostní výpočty vybraných konstrukčních uzlů.
Výběr normalizovaných dílů a volba pohonu.
Výkres sestavy zařízení.
Výkresy komponent.

Seznam doporučené literatury:

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá obecnou definicí automobilového zámku a problematikou, spojenou s tímto pojmem. Dále pak pojednává o konstrukci, testování a montáži zámku. V konstrukční části je navrženo předeřinací zařízení, které by mělo být schopno předeřnout pružinu zámku automobilu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pružina, předeřinací zařízení, automobilový zámek

ABSTRACT

The thesis deals with the general definition of automotive lock and the problems associated with this concept. It also deals with the construction, testing and assembly of the lock. The construction part deals with the design of a pre-tensioning device which should be able to preload a car lock spring

KEYWORDS

Spring, pre-tensioning device, car lock

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Majer, T. *Zařízení pro předeptnutí pružiny zámku*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 44 s. Vedoucí diplomové práce Jaroslav Kašpárek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jaroslava Kašpárka, Ph.D. vedoucího bakalářské práce a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 22. května 2018

.....

Tomáš Majer

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce, Ing. J. Kašpárkovi Ph.D., Ing. J. Staškovi, J. Kolibovi a dalším kolegům z firmy Brose, s.r.o. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Na závěr děkuji své rodině za podporu při studiu.

OBSAH

Úvod	10
1 Automobilový zámek	11
1.1 Historie zámku	12
1.2 Vývoj zámku	12
1.3 Funkce a požadavky zámku	13
1.4 Typy zámků	14
1.4.1 Základní dělení zámků:	14
1.5 Konstrukce zámku	15
1.5.1 Základní princip zámku	16
1.5.2 Další části zámku	16
1.6 Testování zámku	17
1.6.1 Klimatická komora	17
1.6.2 Zvuková analýza	18
1.6.3 Testování vysokorychlostní kamerou	18
1.7 Výroba zámku	19
2 Formulace řešeného problému	21
2.1 Popis problému	21
2.2 Aktuální řešení problému	21
3 Konstrukční návrh řešení	22
3.1 Zjištění krouticího momentu pružiny	22
3.2 Výpočet a návrh krokového motoru	25
3.3 Návrh ozubených kol	27
3.4 Návrh mechanismu	29
3.5 Kinematika mechanismu	31
3.6 řídící jednotka mechanismu prototypu	32
3.7 Návrh rámu pro uchycení přípravku	33
3.8 Použité normalizované díly a jejich materiál	35
3.9 Výroba testovacího prototypu	36
3.10 Testování předepínacího prototypu	36
3.11 Finanční zhodnocení	38
3.12 Celková sestava	38
Závěr	40
Použité informační zdroje	41

Seznam použitých zkratek a symbolů	43
Seznam příloh	44

Úvod

Automobilový průmysl se řadí mezi nejdůležitější průmyslová odvětví v České republice. Zaměstnává více než 150 000 lidí a tudíž tvoří přes 20 % průmyslové výroby v Česku. Česká republika se určitou částí podílí na výrobě, testování, vývoji a návrzích designu automobilů a jejich komponentů. Tato výroba je významná pro ekonomiku státu. [14]

Mezi přední komponenty automobilu patří i automobilový zámek, který zastává mnoho funkcí, důležitých pro jeho správný a bezpečný chod.

V první části bakalářské práce je cílem popsat automobilový zámek, jeho historii a vývoj. Provést základní rozdělení hlavních funkcí, typů zámků automobilu, rozbor hlavních částí zámků a jejich kompletaci.

V druhé části práce je cílem provést rozbor problematiky s předepínáním pružiny. Dále pak zformulovat řešený problém a navrhnout konstrukční řešení, které bude schopno předepnout zkrutnou pružinu pro dva typy zámků automobilu.

1 AUTOMOBILOVÝ ZÁMEK

Automobilový zámek je jedním z důležitých komponentů u automobilu – viz. obr. 1-1. Tento prvek má mnoho odlišných funkcí. Nachází se většinou v některé části dveří. [19]

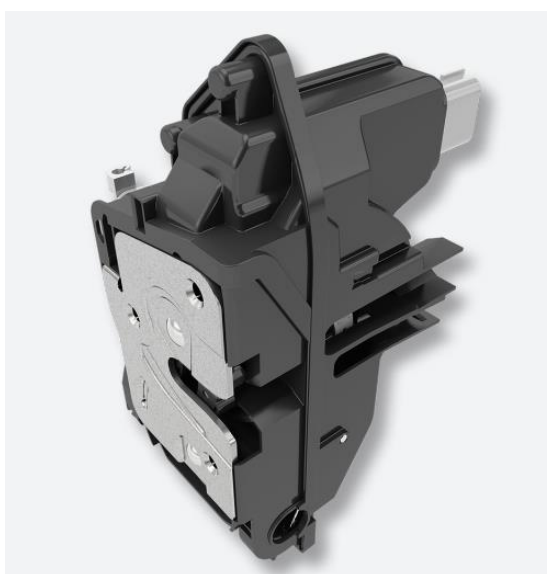
Tvorba každého zámku je velice komplikovaná a časově náročná. Při jeho tvorbě se proto využívá tohoto postupu: [19]

- a) poptávka zákazníka / objednávka;
- b) stavba vzorku;
- c) plánování výroby dílů a montáže;
- d) citace / objednávka;
- e) předběžná kalkulace;
- f) pořadí strojů, nástrojů a zařízení;
- g) stavba a testování;
- h) sériová výroba; [19]

U každého zámku probíhá vývoj, při kterém dochází k prvotnímu návrhu zámku. Každý zámek má předem stanovený rozpočet. [19]

Na základě prognózy je možné rozdělit náklady na:

- náklady na vývoj;
- náklady na zakoupené díly;
- náklady na výrobu a montáž;
- náklady nástrojů a stroje. [19]



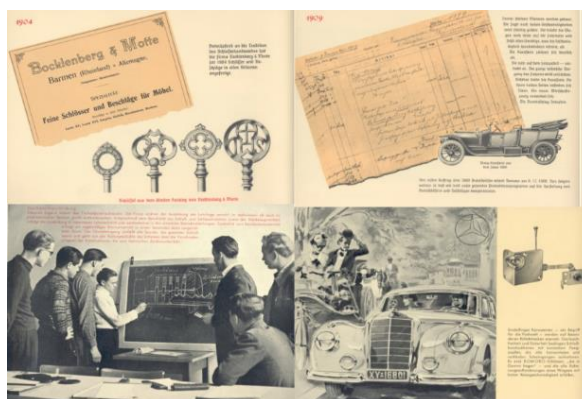
Obr. 1-1 Unilatch 2 [12]

1.1 HISTORIE ZÁMKU

Z historického hlediska hrály zámky velkou roli v mnoha obdobích. Zámky sloužily k ochraně soukromého vlastnictví. Následně se začaly používat i v prvních automobilech - viz. obr. 1-2. [20]

Přibližný historický průběh zamykacích systému:

- první mechanické zámky – Egypt 4000 př.n.l.;
- kovové zámky – Antika 1000 př.n.l.;
- další rozvoj za průmyslové revoluce pol. 18 stol.;
- zámky v automobilovém průmyslu před 110 lety [20]

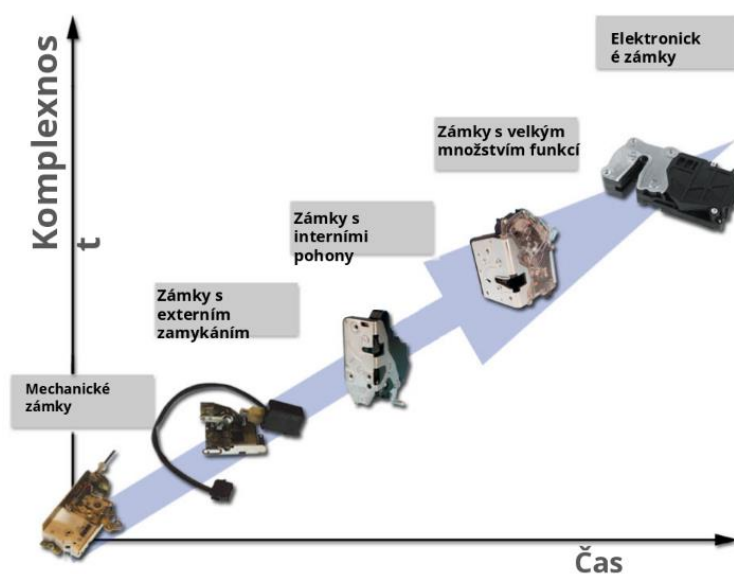


Obr. 1-2 Vizualizace historických zámků [20]

1.2 VÝVOJ ZÁMKU

Mezi nejdůležitější historické milníky zámku patří tato data - viz. obr. 1-3. [20]

- před rokem 1975 plně mechanické zámkové systémy;
- 1975 - první stranové zámky s centrálním zamykáním (externí pohony);
- 1986- první stranové zámky (mini moduly);
- 1995- zámky s interními ohony včetně centrálního zamykání a funkce dvojitého zamčení;
- 2001- multi-funkční zámky s interními pohony ovládajícími centrální zamykání, dětskou pojistkou, případně otevírání, odemykání, automatické dovření dveří.[20]

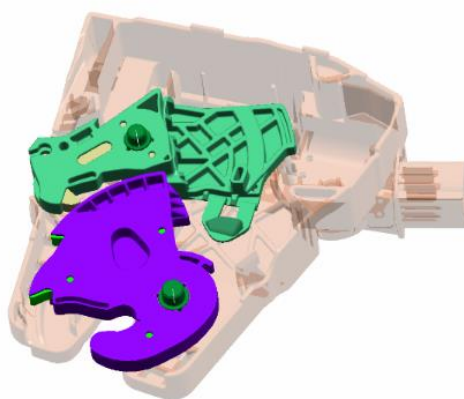


Obr. 1-3 Novodobá historie [20]

1.3 FUNKCE A POŽADAVKY ZÁMKU

Každý zámek má předem stanovené požadavky, které musí být splněny. Některé požadavky jsou předepsané normou, jiné jsou předepsané firmou, která produkt vyrábí. Zákonné požadavky se mohou lišit podle kontinentu. Různá pravidla má například Severní Amerika, Evropa, atd. Mezi základní funkce zámku patří: [15]

- zavírací funkce - viz. obr. 1-4 (jistící a otevírací funkce);
- ustavení polohy dveří;
- převedení sil přes držák zámku na karoserii;
- tlumení hladiny hluku. [15]



Obr. 1-4 Stav zámku v polootevřené poloze při zavírání [15]

V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na zhotovené produkty. Firmy vyrábějící zámky do automobilů musí plnit požadavky zákazníka, mezi které patří například: [15]

- pevnost zákonné hodnoty plus (50-100%) bezpečnosti navíc;
- dodatečné aktivní blokovací funkce při nárazu;
- 50 000 – 100 000 cyklů (zavírání, zajistit/odjistit, otevřít z venku, zevnitř) za klimatických mezí (-40°C – 85°C , 60°C /100% vlhkosti) za vlivu prachu a koroze;
- otevírací síly v novém stavu 25-35N vnější otevírací zdvih 10-12mm;
- hmotnost menší než 400-450g;
- 144 h-360 h korozivní odolnosti do červené koroze;
- odolnost vůči vodě (nezamrznutí, bez poškození elektroniky). [15]

1.4 TYPY ZÁMKŮ

V automobilu se lze setkat s mnoha typy zámků. Požadovaný typ se odvíjí od požadavku zákazníka a konstrukce automobilu. Někteří zákazníci požadují více funkcí zámku a tím se zvyšuje jeho velikost i cena. Podle polohy zámku v automobilu rozlišujeme tyto typy: [15]

1.4.1 ZÁKLADNÍ DĚLENÍ ZÁMKŮ:

- a) boční (stranový) zámek - viz. obr. 1-5;
- b) zámek okna pátých dveří;
- c) zámek zadních dveří („pátých dveří“) - viz. obr. 1-6;
- d) zámek motorový;
- e) zámek posuvných dveří;
- f) přídatné zámky.

Na uvedených obrázcích lze srovnat, jak se tvarově liší dva typy zámků. Finální navržený zámek musí splňovat požadovaný tvar automobilky dle typu automobilu. [15]

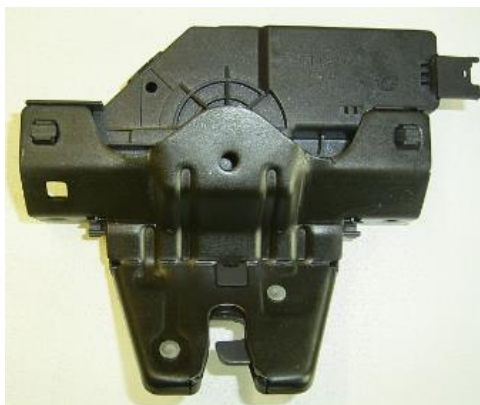


E90-Zámek



CPL-Zámek

Obr. 1-5 Příklad stranových zámků [15]



E 46/4

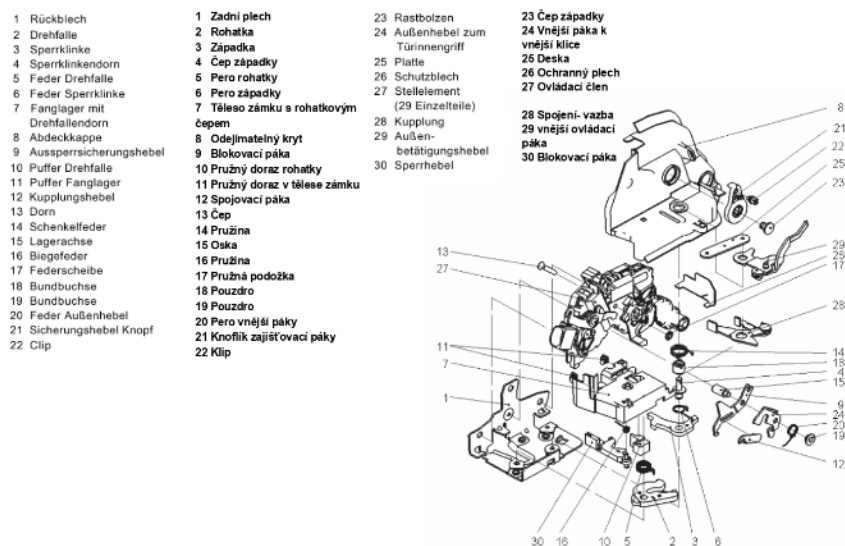


E 91

Obr. 1-6 Příklad zámků zadních dveří [15]

1.5 KONSTRUKCE ZÁMKU

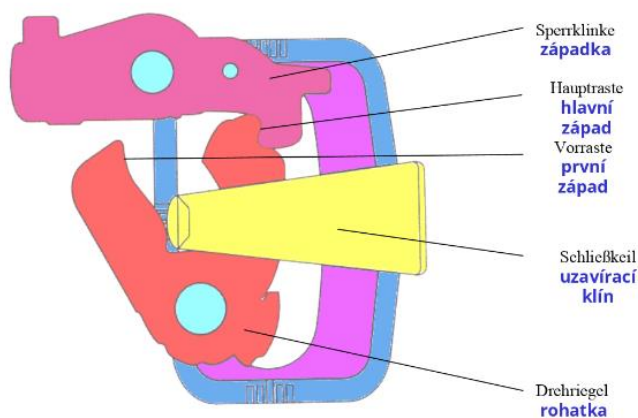
Konstrukce u každého zámku je velice specifická. Zámek je složen z mnoha dílů, které musí zajišťovat plynulý chod při vykonávání pohybu - viz. obr. 1-7. Jednotlivé díly jsou tolerovány. Každý díl je specifický. Může být vyroben z odlišného materiálu a rozdílnými technologiemi. U výroby zámku se ve velkém množství využívá lisování komponentů.



Obr. 1-7 Schéma rozstřelu dílů zámku typu D-Latch [15]

1.5.1 ZÁKLADNÍ PRINCIP ZÁMKU

Zámek je tvořen mechanismem, při kterém se využívá rohatky a západky. Ty díly jsou nejdůležitější v celém mechanismu a zajišťují plynulý chod zámku – viz. obr. 1-8.



Obr. 1-8 Základní mechanismus zámku [17]

1.5.2 DALŠÍ ČÁSTI ZÁMKU

Jednou z dalších hlavních částí zámku je jeho elektronická část. Občasně je využito flexibilní obvodové desky pro ovládání jeho funkcí – viz. obr. 1-9. Mezi další důležité komponenty zámku také patří čepy, zkrutné pružiny, ovládací motorky a mnoho dalších. [18]



Obr. 1-9 Flexibilní obvodová deska [18]

1.6 TESTOVÁNÍ ZÁMKU

Po návrhu konceptu zámku je důležité otestovat samotný výrobek předtím, než bude spuštěna sériová výroba – viz. obr. 1-10. Testování je důležité z mnoha aspektů. Z hlediska nalezení chyb, které se vyskytly po překročení určitého počtu cyklů, ověření funkčnosti zámku, předcházení krizovým situacím v užití zámku, nalezení limitního použití a mnoho dalších. Tyto aspekty se prověřují na různých typech testovacích zařízení. [15]

Dynamické	Statické	Životnosti	Klimatické	Ostatní
<ul style="list-style-type: none"> • Kmitání • Šokem • Centrifuga • Pádem • Transportní • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Pevnostní • Trhací • Měření sil a časů • Přetížení • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Za běžných podmínek • Při hraničních hodnotách • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Za tepla (+ 85°C) • V chladu (-40°C) • Při změně teploty • Námrazová • Za zvýšené vlhkosti • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • EMV- Elektromagnet • ESD- Elektrostatická • Zástavbová • Rozměrová • Zneužití • ...

Obr. 1-10 Rozdělení zkoušek zámků [15]

1.6.1 KLIMATICKÁ KOMORA

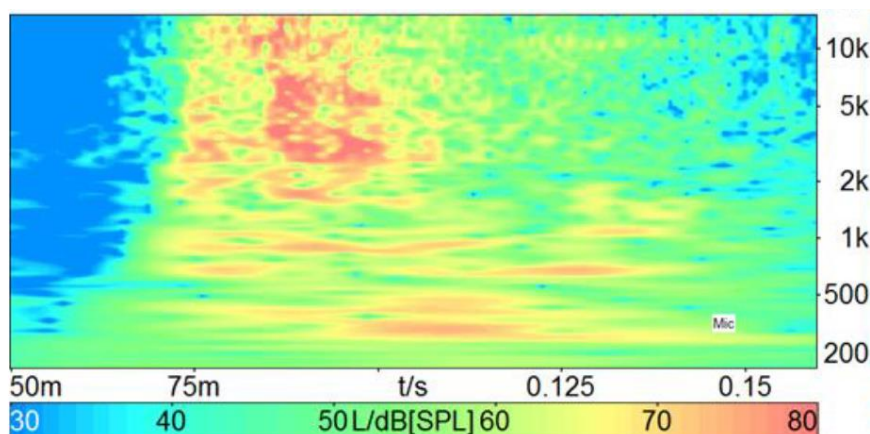
Jednou z hlavních zkoušek je otestování funkčnosti v klimatické komoře–viz. obr. 1-11. Jsou zde simulovány extrémní klimatické podmínky. Zámek musí vydržet stanovený počet cyklů v těchto podmínkách a musí být zajištěná jeho plynulá funkce i po této zkoušce.



Obr. 1-11 Teplotní a klimatická komora [10]

1.6.2 ZVUKOVÁ ANALÝZA

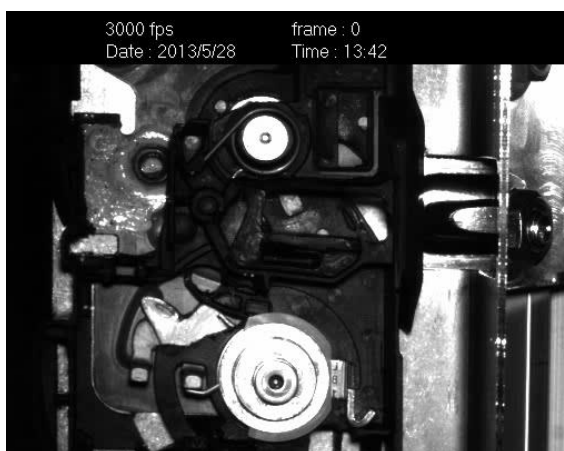
Mezi další typ testování se řadí zvuková analýza. Každý zámek vydává určitý charakteristický zvuk při odemykání a zamykání – viz. obr. 1-12. Zákazník požaduje, aby byl vytvořen zvuk, který bude schopen zaregistrovat. Správná akustika zámku umocňuje bezpečnost u zákazníka. Testování probíhá na zkušebním zařízení pro analýzu zvuku aktuátoru. [11]



Obr. 1-12 Záznam zvukového spektra při zavírání zámku [12]

1.6.3 TESTOVÁNÍ VYSOKORYCHLOSTNÍ KAMEROU

Při testování zámku může být využito vysokorychlostní kamery, aby došlo k přesnému rozboru funkce zámku – viz. obr. 1-13. Na vysokorychlostní kameře lze zjistit problémová místa, která nelze vidět běžným okem. Vysokorychlostní nahrávání (až 32 000 snímků/s) umožňuje korelaci mezi pohybem a zvukem. [11] [16]



Obr. 1-13 Analýza vysokorychlostní kamerou [16]

1.7 VÝROBA ZÁMKU

Při výrobě jednotlivých typů zámků dochází ke složení všech jeho dílčích komponentů tak, aby vznikl jeden celek – viz. obr. 1-14, 1-15. Zámek je složen z mnoha odlišných dílů, proto se využívá mnoho různých technologií. [19] [16]

Při montáži se často využívá těchto operací:

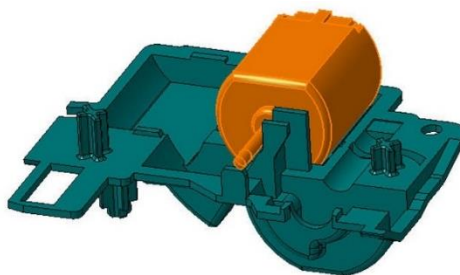
- nýtování;
- šroubování;
- lepení. [19] [16]

Každý zámek je sestaven na montážní lince, která je složena z mnoha pracovišť, na kterých probíhají stanovené úkony. Na každý úkon je předepsaný čas, ve kterém musí dojít k potřebné operaci.

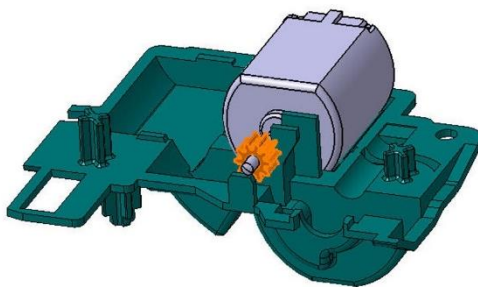
Typy montážních systémů:

- ruční montáž;
- ruční sestavení, přenos výrobku automaticky pomocí nosiče obrobku;
- manuální a automatické montážní stanice s automatickým dopravním systémem;
- automatické montážní stanice s automatickým dopravním systémem.

Při výrobě dochází k plynulé dodávce potřebných dílů na jednotlivá pracoviště tak, aby nedošlo k zastavení montážní linky. Tento proces se zpravidla monitoruje. Většinou firma zajišťuje pouze kompletaci dílů do sestavy zámku a montované díly jsou dovezeny od dodavatele. [19] [16]



Obr. 1-14 Vložení součásti-část 1 [19]



Obr. 1-15 Vložení součásti - část 2 [19]

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

Práce se zabývá vytvořením zařízení pro automatické předepínání zámků automobilu. Zařízení by mělo být schopno předepnout dva typy pružin pro projekt Ford a Wolkswagen. Toto zařízení by mělo být však univerzální s možností použití na jakémkoliv projektu.

2.1 POPIS PROBLÉMU

Při sériové montáži zámků je nutné ve výrobním taktu předepínat zkrutné pružiny, které byly volně nasazeny. Tento úkon se v současné době provádí jednou rukou s pomocí ručního nástroje. Ruční napínání je namáhavé a dlouhodobě ergonomicky nevyhovující – viz. obr. 2-1.



Obr. 2-1 Ruční předepínání (vlevo), předepnutá pružina (vpravo) [vlastní obr.]

2.2 AKTUÁLNÍ ŘEŠENÍ PROBLÉMU

Při současném řešení problému je využito ručního nástroje, který je uchopen do dlaně a současným otáčivým a naklápěcím pohybem je předepnuta pružina zámku viz. obr. 2-2. Pro každý typ pružiny je odlišný typ ručního nástroje. Ten je osazen drážkou, která slouží pro uchycení pružiny, aby mohlo dojít k jejímu předepnutí.



Obr. 2-2 Ruční předep. nástroj (vlevo), předepnutá pružina (vpravo) [vlastní obr.]

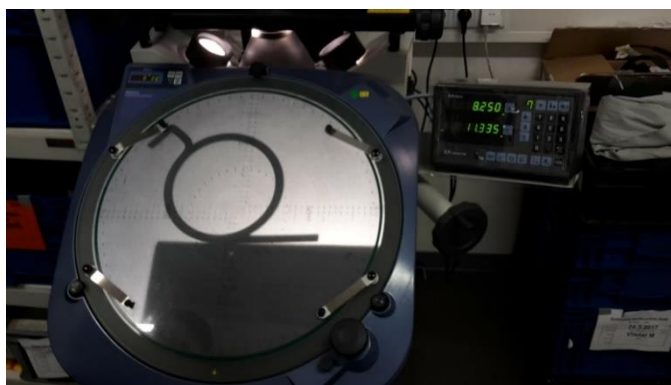
3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

Účelem je navrhnout zařízení, které bude schopno předepínat pružinu automobilového zámku pro více typů modelů zámků. Požadované zařízení by mělo být co nejjednodušší, aby bylo schopno ve stanoveném taktu montážní linky provést daný úkon. Zařízení by mělo být schopno pracovat ve třísměnném provozu. Po předepnutí musí být zaručeno, že nedojde k samovolnému vyskočení pružiny z těla zámku.

Celkový návrh předepínacího zařízení se odvíjí od momentu pružiny, pomocí kterého byly navrženy komponenty a požadovaný výkon krokového motoru.

3.1 ZJIŠTĚNÍ KROUTICÍHO MOMENTU PRUŽINY

V prvním kroku došlo k změření úhlu pružiny δ_0 pomocí projektoru - viz obr. 3-1. Naměřená hodnota úhlu je $\delta_0=139,21^\circ$. Při porovnání s výkresovou dokumentací pružiny je potřeba nastavit korekci nástroje o úhel $\alpha=0,12^\circ$. Korekcí nástroje bylo dosaženo úhlu $\delta_0=139,1^\circ$.



Obr. 3-1 Projektor [vlastní obr.]

V druhém kroku bylo provedeno nastavení pružinoměru značky Instron Wolpert - viz obr. 3-2. Podle vnitřního průměru pružiny je nutné zvolit vhodný trn.



Obr. 3-2 Pružinoměr [vlastní obr.]

Byl zvolen trn o průměru 14,5 mm. Po nasazení na trn došlo k fixaci pružiny a vynulování měřicího přístroje lehkým dotykem na pružinu (moment síly=0) – viz. obr. 3-3. Poté došlo k nastavení korekce stroje s hodnotou $\delta_0=0,12^\circ$ a opětovnému vynulování. Následně byly naměřeny tyto hodnoty, viz. tab. 3-1.

Tab. 3-1 Naměřené hodnoty momentu na pružině

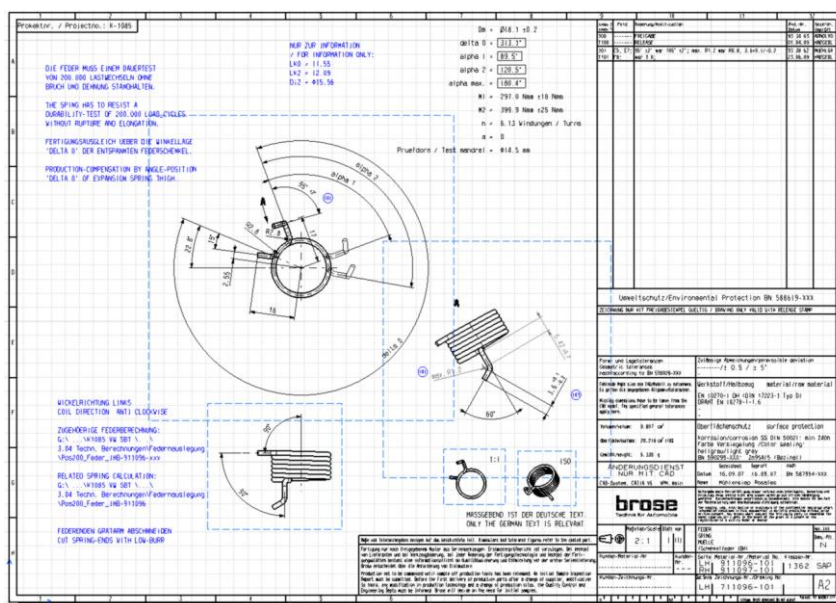
Pružina typ A	Pružina typ B
$M_{1A}=406,5 \text{ Nmm}$	$M_{1B}=344,7 \text{ Nmm}$
$M_{2A}=424,8 \text{ Nmm}$	$M_{2B}=343,5 \text{ Nmm}$
$M_{3A}=411,2 \text{ Nmm}$	$M_{3B}=342,6 \text{ Nmm}$
$M_{4A}=416,4 \text{ Nmm}$	$M_{4B}=344,9 \text{ Nmm}$
$M_{\text{Max-A}}=424,8 \text{ Nmm}$	$M_{\text{Max-B}}=344,9 \text{ Nmm}$



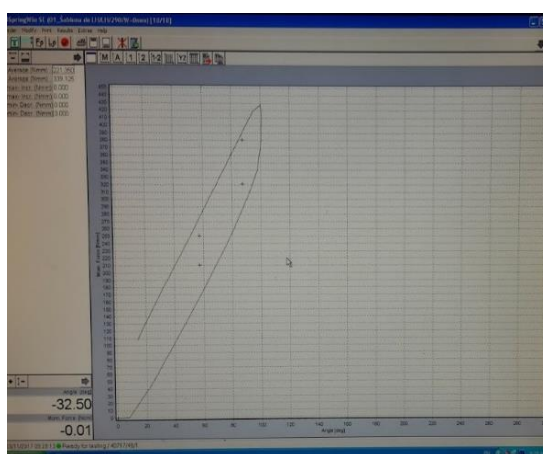
Obr. 3-3 Měření momentu pružiny [vlastní obr.]

Z výkresu pružin lze vyčíst teoretickou maximální hodnotu momentu – viz. obr. 3-4. Při porovnání teoretického a skutečného momentu pružiny se dospělo k závěru, že skutečné

hodnoty momentu obou pružin se nachází v dovoleném teoretickém intervalu. Pro výpočet bude použita maximální hodnota. Při měření momentu byla vykreslena křivka – viz. obr. 3-5.



Obr. 3-4 Výrobní výkres pružiny [12]



Obr. 3-5 Průběh měření [vlastní obr.]

V následující tabulce 3-2 byly porovnány teoretické momenty s naměřenými a vyhodnoceny maximální momenty obou pružin.

Tab. 3-2 Hodnoty momentů

	Pružina typ A	Pružina typ B
Teoretický moment	$M_A=399,9 \text{ Nmm} \pm 25 \text{ Nmm}$	$M_B=351,1 \text{ Nmm} \pm 25 \text{ Nmm}$
Naměřený moment	$M_{\text{Max-A}}=424,8 \text{ Nmm}$	$M_{\text{Max-B}}=344,9 \text{ Nmm}$
Zvolený výpočtový moment (maximální moment)	$M_{\text{výp-A}}=424,15 \text{ Nmm}$	$M_{\text{výp-B}}=371,35 \text{ Nmm}$

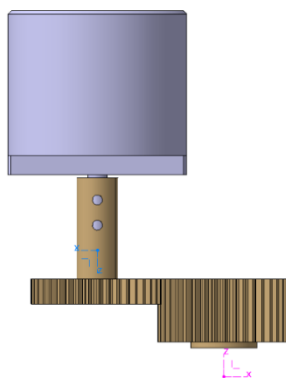
3.2 VÝPOČET A NÁVRH KROKOVÉHO MOTORU

Při návrhu vhodného krokového motoru je počítáno s maximální hodnotou momentu obou pružin:

$$M_{\text{max-celk.}} = 424,15 \text{ Nmm}$$

kde je koeficient bezpečnosti motoru: $K=[1,8 \div 2]$.

Z důvodu použití stejného počtu ozubení u obou ozubených kol, nemusí dojít k přepočtu krouticího momentu na tvarové hřídeli. Stejný počet zubů je použit z důvodu předejití kolize součástí při předeřinacím pohybu – viz. obr. 3-6.



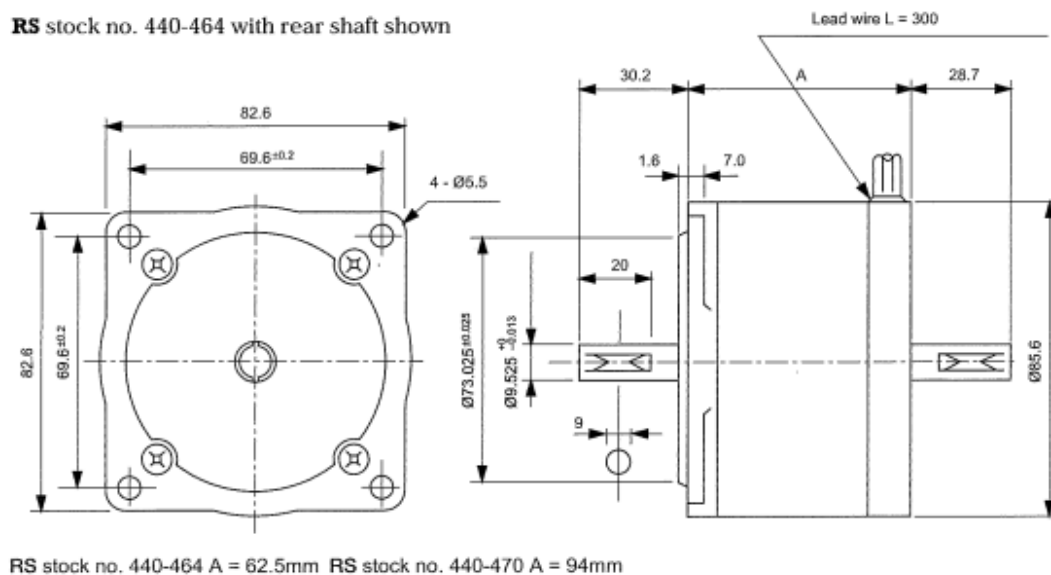
Obr. 3-6 Obrázek záběru ozubených kol [vlastní obr.]

$$M_{celk} = M_{\max\text{-celk}} \cdot K \quad (1)$$

$$M_{celk} = 424,15 \cdot 2 = 848,3 \text{ Nmm}$$

Z výpočtu dochází k závěru užití krokového momentu o minimálním krouticím momentu.

$$M_{Celk} = 848,3 \text{ Nmm.}$$



Obr. 3-7 Schématické znázornění velikosti krokového motoru [6]

Dle požadovaných parametrů byl zvolen krokový motor typu – viz. obr. 3-7, 3-8.

-RS Pro Hybrid Stepper Motor 1.8°, 882mNm, 5,4 V dc, 480 mA, 8 Wires



Obr. 3-8 Krokový motor dle katalogu výrobce [6]

3.3 NÁVRH OZUBENÝCH KOL

Výpočet ozubených kol: [4] [1] [3] [2]

PŘEDPOKLÁDANÁ VÝŠKA ZUBU:

$$h=4,4 \text{ mm}$$

TEORETICKÝ MODUL:

$$m = \frac{h}{2,25} \quad (2)$$

$$m = \frac{4,4}{2,25} = 1,96$$

SKUTEČNÝ MODUL:

Zvolen modul velikosti $m=2$

POČET ZUBU:

$$z_1=20$$

PRŮMĚR ROZTEČNÉ KRUŽNICE PASTORKU 1:

$$d_1 = m \cdot z_1 \quad (3)$$

$$d_1 = 2 \cdot 20 = 40 \text{ mm}$$

POMĚR OZUBENÝCH KOL: 1:1

PRŮMĚR ROZTEČNÉ KRUŽNICE KOLA 2:

$$d_2 = 40 \text{ mm} \quad (4)$$

OSOVÁ VZDÁLENOST SOUKOLÍ:

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} \quad (5)$$

$$a = \frac{40+40}{2} = 40 \text{ mm}$$

ZÁKLADNÍ ROZTEČ:

$$P = \pi \cdot \frac{d_1}{z_1} \quad (6)$$

$$P = \pi \cdot \frac{40}{20} = 6,28 \text{ mm}$$

VÝŠKA HLAVY ZUBU:

$$h_a = m \quad (7)$$

$$h_a = 2 \text{ mm}$$

VÝŠKA PATY ZUBU:

$$h_f = 1,25 \cdot m \quad (8)$$

$$h_f = 1,25 \cdot 2 = 2,5 \text{ mm}$$

VÝŠKA ZUBU:

$$h = h_a + h_f \quad (9)$$

$$h = 2 + 2,5 = 4,5 \text{ mm}$$

HLAVOVÁ VŮLE:

$$c = 0,25 \cdot m \quad (10)$$

$$c = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ mm}$$

PRŮMĚR HLAVOVÉ KRUŽNICE:

$$d_a = d_1 + 2 \cdot m \quad (11)$$

$$d_a = 40 + 2 \cdot 2 = 44 \text{ mm}$$

PRŮMĚR PATNÍ KRUŽNICE:

$$d_f = d_1 - 2 \cdot 1,25m \quad (12)$$

$$d_f = 40 - 2 \cdot 1,25 \cdot 2 = 35 \text{ mm}$$

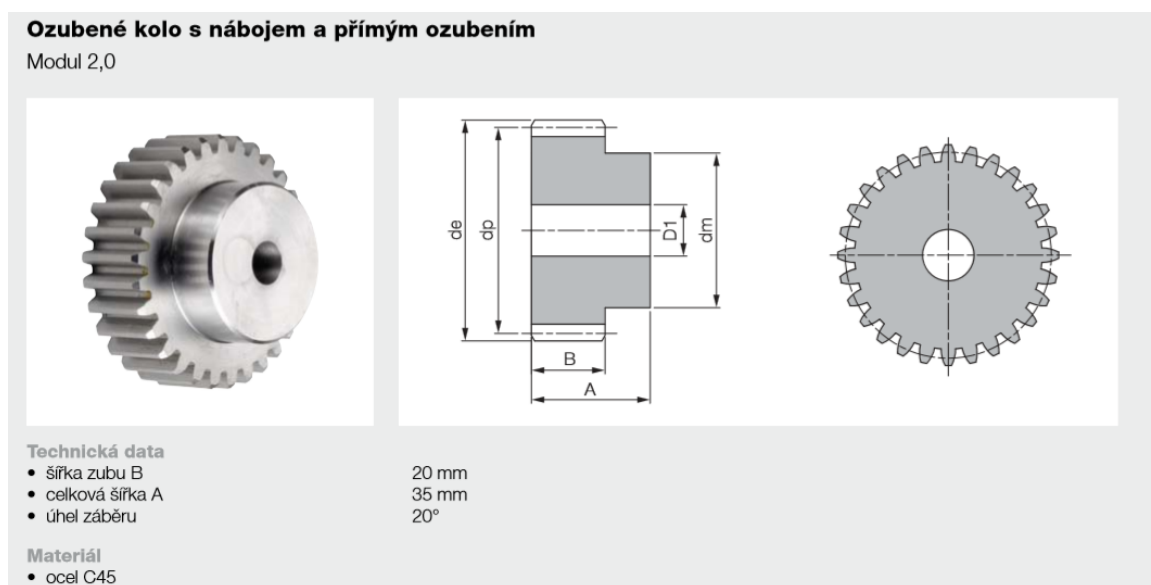
$$\text{ÚHEL ZÁBĚRU ZUBU: [4]} \quad \alpha = 20^\circ$$

PRŮMĚR ZÁKLADNÍ KRUŽNICE:

$$D_b = D \cdot \cos \alpha \quad (13)$$

$$D_b = 40 \cdot \cos 20^\circ = 37,6 \text{ mm}$$

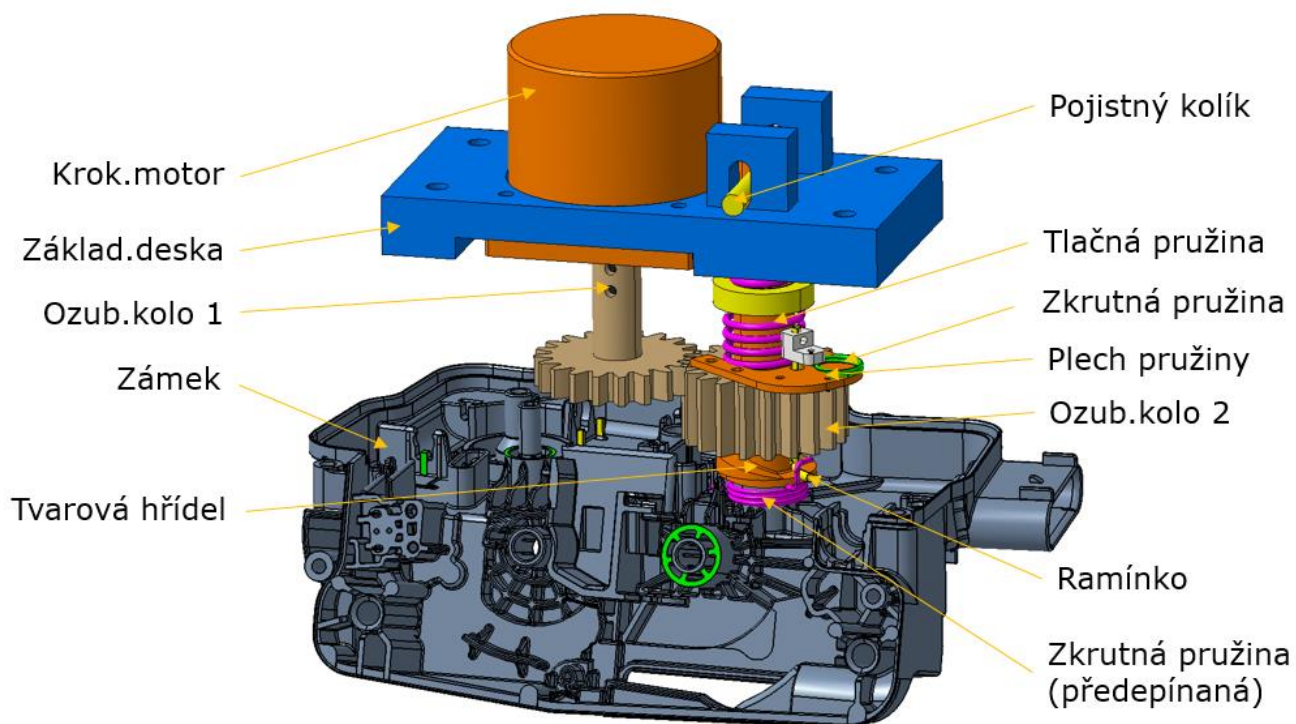
Pro usnadnění výroby byly zvoleny normalizované kola požadovaného modulu – viz. obr. 3-9, které se následně upravily dle výkresové dokumentace.



Obr. 3-9 Ozubené kolo dle katalogu [7]

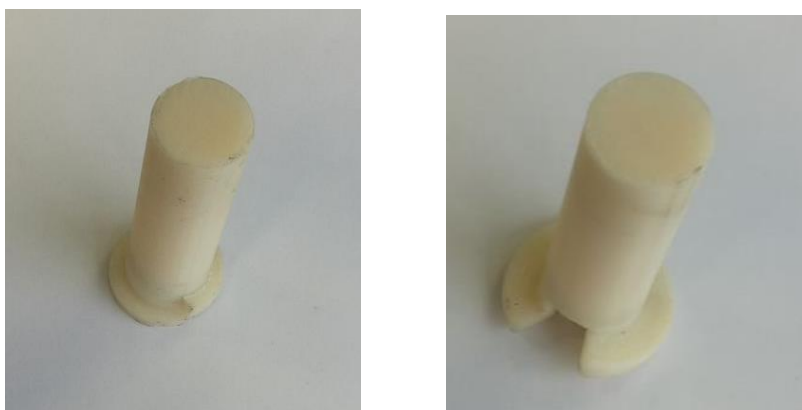
3.4 NÁVRH MECHANISMU

Při návrhu mechanismu bylo využito funkce ozubených kol, z nichž jedno bude uchyceno na krokovém motoru a druhé bude uloženo na tvarové hřídeli, aby s ním bylo možno pohybovat ve vertikálním směru. V návrhu bylo využito tvarové hřídele, pomocí které bude vykonáván pohyb ozubeného kola. Ozubené kolo krokového motoru bude přenášet krouticí moment na ozubené kolo na tvarové hřídeli. Na něm - viz. obr. 3-10, je uchyceno ramínko, které zachycuje rameno předepínané pružiny. Po jejím zachycení dojde k sepnutí krokového motoru, který bude pohybovat s ozubeným kolem na tvarové hřídeli. Jakmile ozubené kolo urazí stanovenou dráhu, dojde k zacvaknutí předepnuté pružiny. Poté dojde k vyjetí zařízení z pozice zámku.



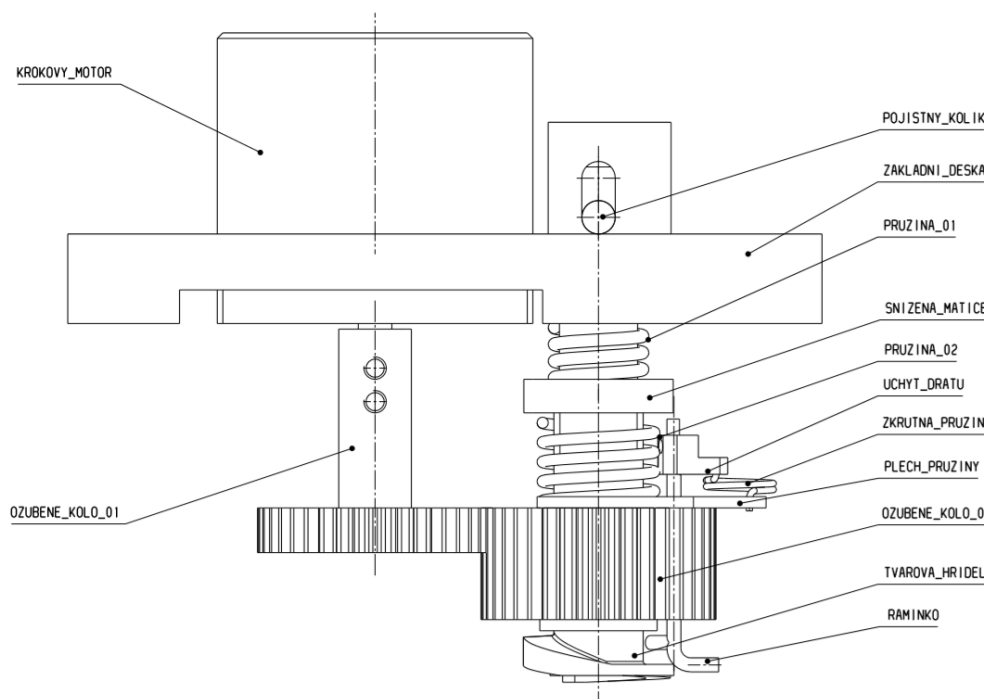
Obr. 3-10 Schéma sestavy předepínacího zařízení [vlastní obr.]

Při návrhu bylo využito 3D tisku, aby bylo docíleno co nejplynulejšího chodu při předepínání pružiny. Při zhotovení prvního výtisku se zjistily nepřesnosti z hlediska tvaru dráhy na tvarové hřídeli – viz. obr. 3-11. Následně probíhal další 3D tisk, pomocí které došlo k optimalizaci tvaru hřídele.



Obr. 3-11 3D tisk tvarové hřídele [vlastní obr.]

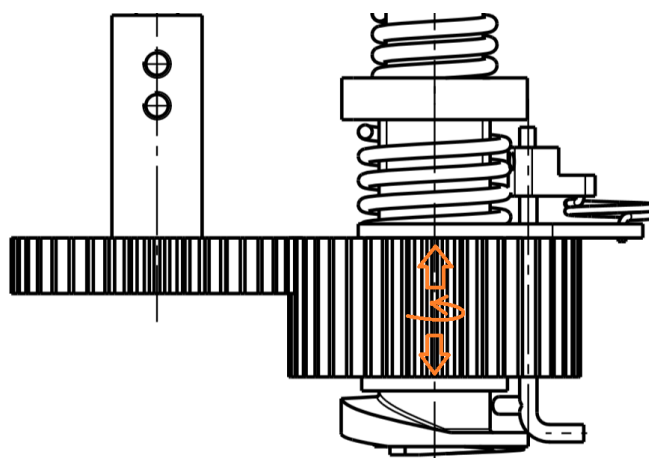
Pro návrh bylo využito síly dvou tlačných pružin – viz. obr. 3-12. *Tlačná pružina 01* normy DIN 2095 vytváří odpor při vertikálním pohybu ozubeného kola. *Tlačná pružina 02* normy DIN 2095 vytváří odpor při nájezdu na čep zámku, tak, aby nedošlo k poškození čepu plastu těla zámku a zařízení dojelo plynule na svou polohu.



Obr. 3-12 Schéma sestavy předepínacího zařízení [vlastní obr.]

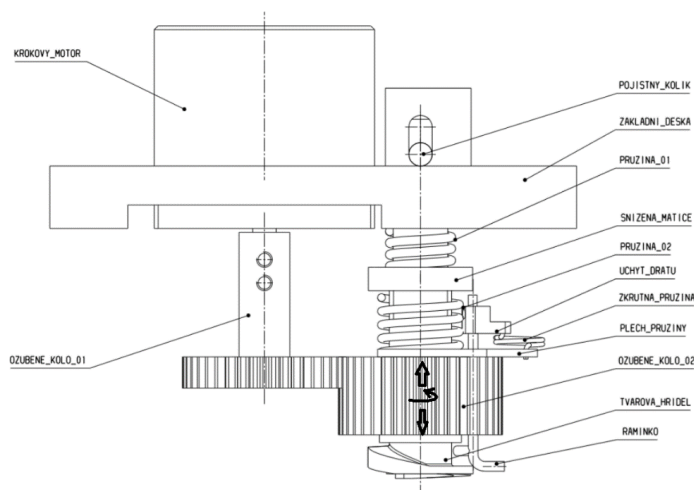
3.5 KINEMATIKA MECHANISMU

Mechanismus koná více pohybů současně. Ozubené kolo na tvarové hřídeli koná rotační pohyb a současně translační pohyb ve svislém směru - viz. obr. 3-13.



Obr. 3-13 Kinematické schéma mechanismu [vlastní obr.]

Ozubené kolo nese ramínko pro zachycení předepínané pružiny - viz. obr. 3-14. Jakmile se zachytí ramínko o pružinu, dojde k opření jeho spodní části o plochu průměru hřídele. Při překonání potřebné vzdálenosti dojde pomocí zkrutné pružiny k otočení ramínka pružiny tak, aby bylo možné vyjet z pozice zámku.



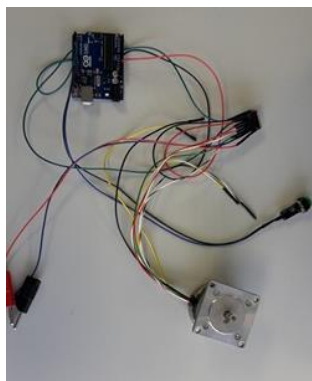
Obr. 3-14 Kinematické schéma mechanismu [vlastní obr.]

3.6 ŘÍDÍCÍ JEDNOTKA MECHANISMU PROTOTYPU

Pro otestování funkčnosti mechanismu byla zvolena varianta pro jeden typ zámku. Za pomoci testovací zkušebny společnosti Brose s.r.o. [12], byla zapůjčena a naprogramována řídicí jednotka od společnosti ARDUINO [8] - viz. obr. 3-15. Při ověření funkčnosti byla řídicí jednotka připojena ke krokovému motoru a zřízeny vstupy pro zapnutí/vypnutí krokového motoru - viz. obr. 3-16.



Obr. 3-15 Náhled do programu pro řídicí jednotku [vlastní obr.]



Obr. 3-16 Řídící jednotka (vlevo) [8], schematické zapojení (vpravo) [vlastní obr.]

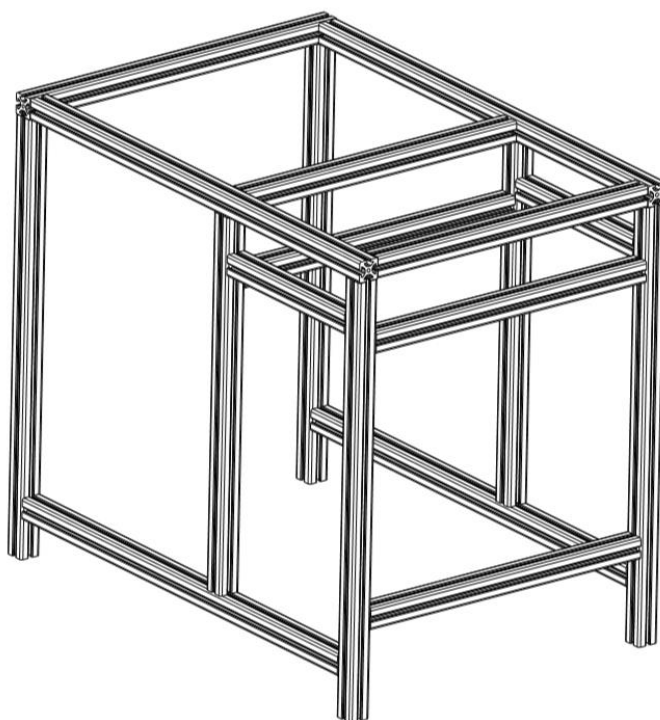
3.7 NÁVRH RÁMU PRO UCHYCENÍ PŘÍPRAVKU

Při návrhu rámu bylo využito Bosch profilu [9], viz obr. 3-17, přičemž maximální možná šířka zařízení mohla být 820 mm.



Obr. 3-17 Profil Bosch [9]

Využitím profilu Bosch byla navržena konstrukce – viz. obr. 3-18. Jednotlivé profily byly mezi sebou spojeny tak, aby nedošlo k jejich uvolnění. Následně na zhotovený rám byly přimontovány jednotlivé komponenty.



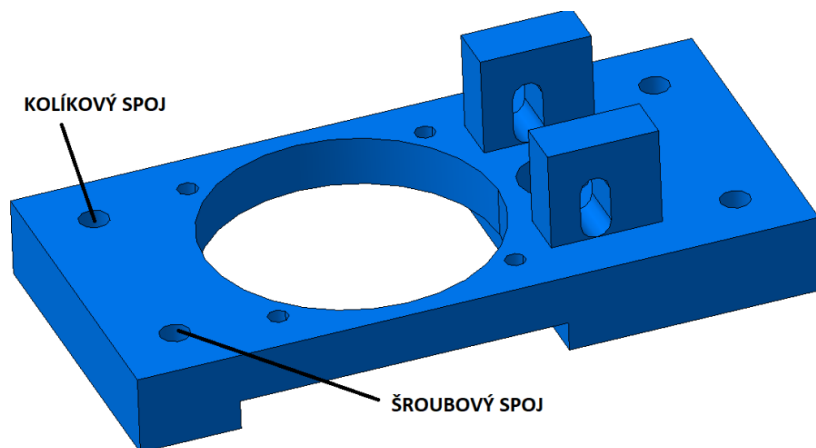
Obr. 3-18 Navržený rám sestavy [vlastní obr.]

Při návrhu rámu bylo využito mnoho komponentů - viz obr. 3-19. Celé zařízení je řízeno centrálním řídicím systémem, na který jsou napojeny všechny výrobní zařízení na dané výrobní lince. Pro vertikální pohyb najetí zařízení na polohu zámku bylo využito pneumatického mechanismu od společnosti FESTO [5]. Jedná se o válec s vedením typu DFM 32-100-P-A-GF. [5]



Obr. 3-19 Válec s vedením [5]

Pro zajištění polohy zařízení na rámu byl zvolen kolíkový spoj v protilehlých rozích a šroubový spoj ve dvou zbylých protilehlých rozích - viz. obr. 3-20. Na přípravku bylo použito pohybové čidlo, k zajištění stejné počáteční polohy ozubeného kola.



Obr. 3-20 Fixace přípravku [vlastní obr.]

3.8 POUŽITÉ NORMALIZOVANÉ DÍLY A JEJICH MATERIÁL

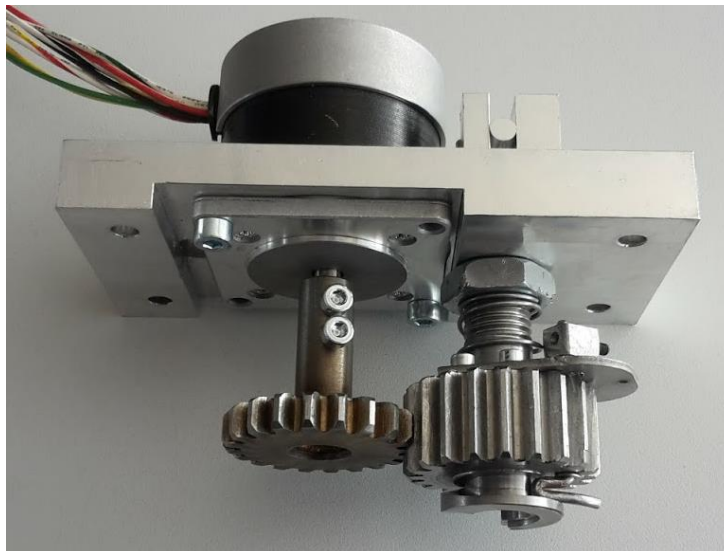
Na výrobu testovacího zařízení bylo použito běžné konstrukční oceli. Z hlediska pevnosti je tento materiál dostačující. Pro mechanismus byla použita normalizovaná zkrutná pružina, kterou poskytla firma Brose s.r.o. [12]. Dvě tlačné normalizované pružiny byly objednány. Krokový motor byl poskytnut testovací zkušebnou Brose s.r.o. [12]. Dále bylo využito spojovacího materiálu (šrouby, matice..) –viz. tab. 3-3.

Tab. 3-3 Soupiska materiálů

	Název	Materiál	Počet ks
1	Krokový motor	-	1
2	Tlačná pružina 01	Nerezová ocel	1
3	Tlačná pružina 02	Nerezová ocel	1
4	Zkrutná pružina	Nerezová ocel	1
5	Matice M14	Nerezová ocel	2
6	Šroub M4	Nerezová ocel	4
7	Stavěcí šroub M3	Nerezová ocel	1
8	Šroub M3	Nerezová ocel	4

3.9 VÝROBA TESTOVACÍHO PROTOTYPU

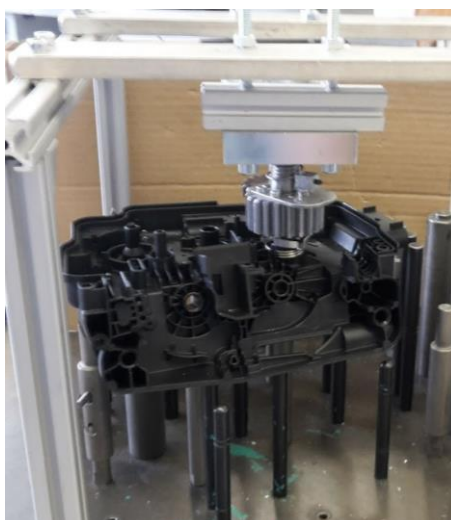
Za účelem otestování navrženého mechanismu byla oslovena externí firma KVM QUARDA [13], která zprostředkovala výrobu testovacího zařízení – viz. obr. 3-21.



Obr. 3-21 Vyrobený a složený mechanismus [vlastní obr.]

3.10 TESTOVÁNÍ PŘEDEPÍNACÍHO PROTOTYPU

Po zhotovení testovacího modelu firmou KVM QUARDA [13] nastalo testování funkčnosti mechanismu na jednom typu pružiny zámku. Jednotlivé vyrobené díly byly zkompletovány do sestavy. Testovací mechanismus byl uložen do jednoduchého rámu z BOSCH profilu [9] – viz. obr. 3-22. Pro testovací mechanismus byl vložen jeden kus zámku s předepínanou pružinou. Tělo zámku bylo uloženo do základací desky, která v běžném provozu slouží jako jeden podávací prvek dopravníku.

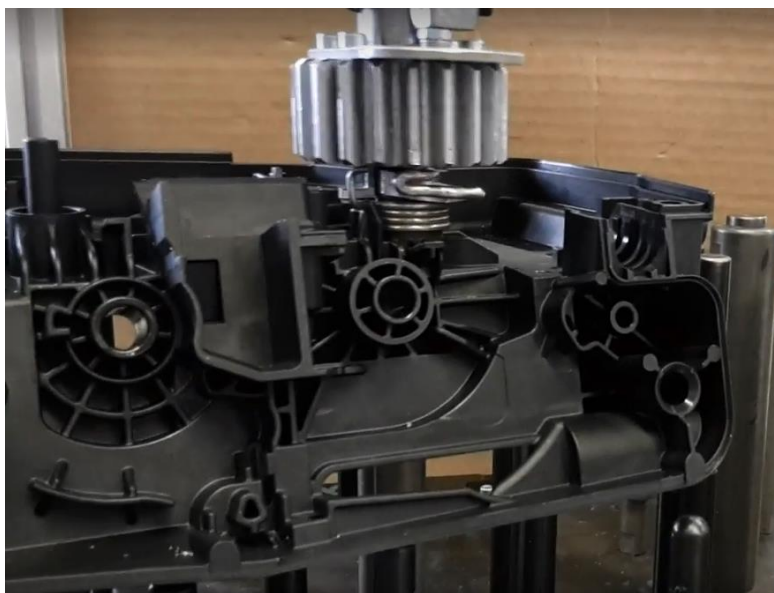


Obr. 3-22 Testování mechanismu [vlastní obr.]

Pro první test byl odebraný krokový motor, z důvodu možné kolize dílů. Motor byl nahrazen pákou, která simulovala chod krokového motoru.

Po předepnutí prvního typu pružiny došlo k závěru, že navržený mechanismus konal předpokládaný pohyb. Pružina byla předepnuta a správně zajištěna v poloze – viz. obr. 3-23.

Po odzkoušení mechanismu došlo k následnému vyladění a úpravě některých komponentů tak, aby byl chod co nejvíce plynulý. Po tomto vyladění došlo k nahrazení pákového mechanismu za krokový motor, který předepnul pružinu.



Obr. 3-23 Testování mechanismu (předepnutý stav) [vlastní obr.]

3.11 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ

Výrobu testovacího zařízení provedla externí firma KVM QUARDA [13]. Cena testovacího modelu činila 25 000 Kč.

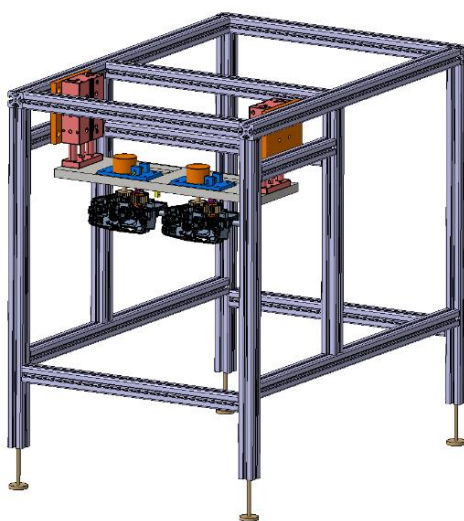
V návrhu cenové nabídky celého zařízení byla vyčíslena částka na 295 000 Kč – viz. tab. 3-4. Tato cena neobsahovala pohonné jednotky (krokové motory a řídicí systém). Po sečtení všech nákladů byla pro rok 2018 stanovena cena:

Tab. 3-4 Tabulka vynaložených financí

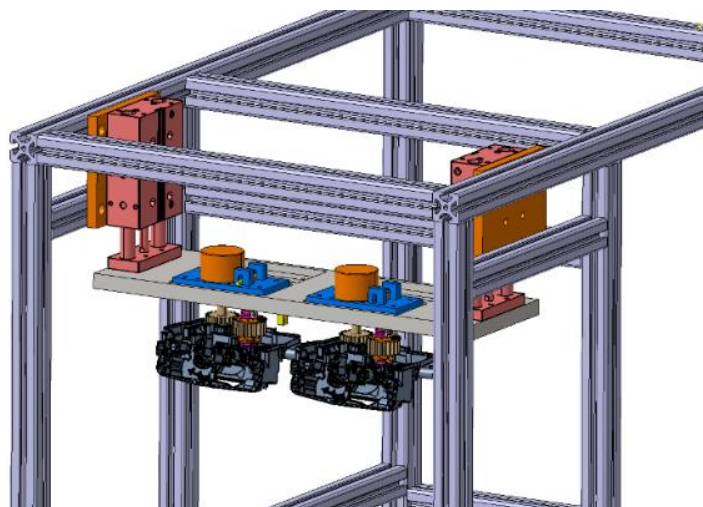
Název	Cena
Zařízení	295 000 Kč
Pohonné jednotky	105 000 Kč
Řídicí systém	545 000 Kč
Celková cena:	945 000 Kč

3.12 CELKOVÁ SESTAVA

Nad rámec bakalářské práce byla vytvořena celková sestava, včetně nosného rámu přípravků a všech pojezdů, kde bylo zakomponované předepínací zařízení –viz. obr. 3-26, 3-27.



Obr. 3-26 Celková sestava zařízení [vlastní obr.]



Obr. 3-27 Celková sestava zařízení [vlastní obr.]

ZÁVĚR

Výsledkem závěrečné práce je shrnutí základních informací o problematice automobilového zámku a jejich náležitostí. Také byl proveden rozbor funkcí, konstrukce jednotlivých typů zámku, testování a v neposlední řadě samotná montáž automobilového zámku.

V konstrukční části byl zformulován řešený problém a stanoveny cíle práce, které spočívaly v navržení předepínacího zařízení, které je schopno předepínat zkrutné pružiny automobilového zámku pro dva typy modelů zámků.

Bylo zjištěno, že zařízení je schopno předepnout zkrutné pružiny automobilového zámku, došlo tedy ke splnění všech požadavků bakalářské práce. Mechanismus byl následně vyroben a otestován v reálných podmínkách.

Zařízení umožňuje do budoucna využití na dalších typech zámků. Pomocí tvarové hřídele by došlo pouze k úpravě otvoru, který slouží k fixaci na zámku. Tento otvor by kopíroval geometrii budoucího zámku. Mechanismus je univerzální, může být tedy využit v plně automatické stanici, nebo také v poloautomatické stanici.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan; PROKEŠ, František. Základy konstruování. vydání první. Brno : CERM, 2007. 204 s. ISBN 978-80-7204 535-8.
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.
- [3] SVOBODA, Pavel; BRANDEJS, Jan; PROKEŠ, František. Výběry z norem : pro konstrukční cvičení. vydání první. Brno : CERM, 2007. 204 s. ISBN 978 80-7204-534-1.
- [4] Výpočet ozubených kol. <http://www.sspu-opava.cz/> [online]. 2012 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: http://www.sspu-opava.cz/UserFiles/File/_sablony/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-09.pdf
- [5] Pneumatický válec s vedením. <https://cz.rs-online.com/> [online]. 2016 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/pneumaticke-valce-s-vedenim/1366550/>
- [6] Krokový motor. <https://cz.rs-online.com/web/> [online]. 2016 [cit. 2018-04-18]. Dostupné z: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/157a/0900766b8157a03e.pdf>
- [7] Ozubené kolo s nábojem a přímým ozubením. <http://www.haberkorn.cz/> [online]. 2016 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z :http://www.haberkorn.cz/data/files/file/pohonne-systemy/ozubena-koly-tyce-a-soukoli/12_Ozubene-tyce_Ozubena-kola_Kuzelova-soukoli_web_4-19.pdf
- [8] ARDUINO MKR GSM 1400. <https://www.arduino.cc/> [online]. 2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://store.arduino.cc/mkr-gsm-1400>
- [9] Profil Bosch. <https://www.aluprofilbolt.hu/> [online]. 2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <https://www.aluprofilbolt.hu/webaruhaz/profilok-bosch-10-kompatibilis>
- [10] Teplotní a klimatická komora. <http://kaitrade.cz> [online]. 2014 [cit. 2018-04-17]. Dostupné z: <http://kaitrade.cz/teplotni-a-klimaticke-komory/teplotni-a-klimaticke-komory-xxl>
- [11] Akustika. <http://www.kiekert.com/> [online]. 2014 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://www.kiekert.com/cs/Komfort/Akustika>
- [12] Unilatch 2 side door closure system. <https://www.brose.com/> [online]. 2018 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z :<https://www.brose.com/cz-cz/products/technology-for-vehicle-doors-and-liftgates/>

-
- [13] Finanční shodnocení. <http://kvmq.cz/> [online]. 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://kvmq.cz/sluzby/>
- [14] Automobilový průmysl v česku. *Cs.wikipedia.org* [online]. 2018 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Automobilový_průmysl_v_Česku
- [15] Lekce 1+2-Definice (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 39s.
- [16] Basic side door latch training for China team_2015-Day2-Prezentace Vše (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 130s.
- [17] Ü01+02 Grundlagen und Anforderungen Vortrag+CZ_1 Eleklnt 003 (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 30s.
- [18] Ü09_1 Eleklnt 003 (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 29s.
- [19] Ü10 Montage (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 51s.
- [20] 1_demoticka-v1 (firemní prezentace). Rožnov pod Rad.: Brose-CS, s.r.o., 2001. 26s.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[mm]	Osová vzdálenost soukolí
d_1	[mm]	Průměr roztečné kružnice kola 1
d_2	[mm]	Průměr roztečné kružnice kola 2
c	[mm]	Hlavová vřle
Da	[mm]	Průměr hlavové kružnice
Db	[mm]	Průměr základní kružnice
h	[mm]	Výška zubu
ha	[mm]	Výška hlavy zubu
hf	[mm]	Výška paty zubu
m	[–]	modul
M_A	[Nmm]	Teoretický moment pružiny A
M_B	[Nmm]	Teoretický moment pružiny B
M_{Celk}	[Nmm]	Celkový moment pružin
M_{Max-A}	[Nmm]	Naměřený moment pružiny A
M_{Max-B}	[Nmm]	Naměřený moment pružiny B
$M_{max-celk}$	[Nmm]	Maximální moment pružin
$M_{Výp-A}$	[Nmm]	Zvolený výpočtový moment pružiny A
$M_{Výp-B}$	[Nmm]	Zvolený výpočtový moment pružiny B
P	[mm]	Základní rozteč
z	[–]	Počet zubů
α	[°]	Úhel záběru zubu

SEZNAM PŘÍLOH

[1] HWUP01211114	Plech pružiny 01 (výrobní výkres)
[2] HWUP01211101	Základní deska (výrobní výkres)
[3] HWUP01211101	Výkres sestavy testovacího přípravku